

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

中層・底層定置網を対象とした海亀脱出装置の開発に関する研究

著者	塩澤 舞香
学位名	博士（海洋科学）
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2018
学位授与番号	12614博甲第511号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001731/

博士学位論文内容要旨 Abstract

専攻 Major	応用生命科学	氏名 Name	塩澤 舞香
論文題目 Title	中層・底層定置網を対象とした海亀脱出装置の開発に関する研究		

漁業における混獲は、希少種である海亀類の個体数減少要因の一つであると指摘されている。我が国沿岸で操業される定置網漁業においても、海亀類の混獲が多数報告されている。特に、魚捕部である箱網が海中に沈めて設置される中層・底層定置網においては、入網した海亀が溺死する可能性が極めて高い。そこで近年、中層・底層定置網における海亀類の混獲削減手法として、箱網の天井網に傾斜を配して角錐状とし、頂点部に海亀脱出装置（Turtle Releasing Device: TRD）を設けた海亀脱出支援システムが考案された。入網した海亀は、呼吸のために海面に浮上しようとするが、天井網に遮られ、頭部で天井網を突き上げる行動をとる（以下、突き上げ）。本システムにおいて、海亀は天井網の傾斜に沿って突き上げを行いながら TRD まで誘導される仕組みであるが、TRD の詳細な仕様は未定であった。本研究では、TRD の開発と仕様の検討を目的とした。TRD は、天井網に設けた海亀の脱出口を扉で覆い、海亀が扉を押し開けて脱出するものとした。TRD には、潮流による流体力の影響下においても海亀が自力で開けることが可能で、なおかつ海亀の脱出後に速やかに閉鎖することが求められる。本研究では、海亀の推進力と扉の閉じようとする力（閉扉力）について調べ、TRD の適切な仕様を検討した。

海亀の推進力の計測と推定

アオウミガメ 9 頭（直甲長 0.39–0.72 m）とアカウミガメ 4 頭（同 0.63–0.84 m）を用いて、海亀と張力計をワイヤーで接続し、水面下に滞留させた海亀の推進力を 1 頭ずつ計測した。各はばたきによって生じた推進力の最大値を推進力ピーク値とした。10 秒以内の間隔で連続して行われたはばたきをセットとし、セット毎の推進力ピーク値、はばたき周波数、はばたき回数の変化を調べた。大きな個体ほど推進力の最大値は大きかった。セット毎の推進力ピーク値の平均はセットを重ねるごとに小さくなり、約 30 分後にはアオウミガメで平均 57.6 N (SD=25.2)、アカウミガメで平均 71.0 N (SD=48.1) となった。はばたき周波数とはばたき回数もセット毎に小さくなり、はばたき回数は約 30 分後には平均 12 回 (SD=8.2) となった。

さらに、箱網内で突き上げを行う海亀の推進力を調べるために、水槽実験で得たはばたき周波数 f (Hz) と直甲長 l (m) を説明変数とした重回帰分析を行い、推進力ピーク値 F_P (N) の推定式 $\ln F_P = 1.813 \ln f + 1.905 \ln l + 6.265$ ($R^2 = 0.714$) を得た。定置網の中層箱網内 (10 × 30 × 10 m) に、ビデオカメラと深度計を装着したアカウミガメ 6 頭（直甲長 0.63–0.84 m）を 1 頭ずつ入網させ、約 20 分後に回収する実験を計 9 回行った。ビデオカメラの映像から得たはばたき周波数を用いて推定された突き上げ時の推進力ピーク値は、平均 111.2 N (SD=71.6) であった。

TRD の閉扉力についての実験と理論考察

Φ6mm-0.1m（扉枠の太さ-重ね合わせ幅）、Φ6mm-0.2m、Φ6mm-0.3m、Φ8mm-0.2m、Φ8mm-0.3m の計 5 種類の扉を使用し、実験用箱網 (3 × 3 × 1.1 m) の天井網中央部に装着した各扉の静水下における閉扉モーメント M_θ (Nm) を張力計の計測値より得た。さらに、 M_θ を構成すると考えられる 3 つのモーメント（土台ネットの弾性モーメント M_E 、土台ネットの復元モーメント M_S 、扉の水中重量による閉鎖方向のモーメント M_W ）を実測あるいは試算によりそれぞれ求めた。 M_E と M_S は開放角度の増加に伴い増加したが、 M_W は減少した。3 つのモーメントを足し合わせて得た M_θ の推定値は、実測値と概

ね一致し、 M_θ は M_E 、 M_S 、 M_W で構成されるとするのが妥当であると考えられた。

次に、大型回流水槽において、扉の支点側あるいは開放側から流れを受けた際の閉扉モーメント $M_{R\theta}$ を計測した。 $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ 、 $\Phi 6\text{mm}-0.3\text{m}$ 、 $\Phi 8\text{mm}-0.2\text{m}$ 、 $\Phi 8\text{mm}-0.3\text{m}$ の 4 種類の扉は、海亀脱出時における最大の開放角度である 60° に開いた際に、定置網の作業限界とされる 0.4 m/s の流れを開放側から受けた場合でも閉鎖することが確認された。このうち、開放に要する力が小さく、海亀が最も脱出しやすいと考えられるのは $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉であり、この扉が同様の流れを支点側から受けた際の $M_{R\theta}$ は 30.4 Nm であった。このことから、海亀は真上方向に 55.2 N 以上の推進力を発揮すれば、 $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉を押し開けて脱出できることを明らかにした。

TRD の適切な仕様の設計

海亀の推進力と $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉の閉扉力を比較し、 $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉が、海亀が脱出可能な仕様であるかを検討した。水中で 30 分間断続的にはばたいた後の海亀は、 55.2 N を上回る推進力を発揮していた。また、定置網の中層箱網内で突き上げを行う海亀は、全 80 セット中 74 セットの突き上げにおいて、セット内の半数以上の突き上げ時に 55.2 N を上回る推進力を発揮していたと推定された。 $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉は、海亀の脱出にも十分であり、適切な仕様であると考えられた。

漁獲対象種の逸出の評価

TRD から漁獲対象種が逸出する可能性を検討するために、アカウミガメ 9 頭の背甲に前・後方向に向けてビデオカメラ 2 台を装着して 1 頭ずつ中層箱網内に入網させ、漁獲対象種の海亀からの逃避と海亀への追従遊泳の有無を調べた。また、TRD 付近への出現種をタイムラプスカメラにより調べた。接近する海亀から、すべての種が逃避した。一方、ブリ、カンパチ、ツムブリ、イシダイによる追従遊泳が観察された。追従の継続時間の中央値が最も大きかったのは、カンパチとブリの群れの 26 秒であった。ツムブリの追従は箱網上層部に至っており、海亀に追従して逸出する可能性が高いと考えられた。TRD 付近には 33 種の漁獲対象種が来遊し、このうち 17 種が鉛直上向きに遊泳して吻端で TRD に触れる行動をとった。漁獲対象種の逸出を防止するためには、TRD の確実な閉鎖が重要である。

突き上げ強度の経時変化とその影響要因の考察

混獲時の海亀の突き上げ行動の特性を調べるために、定置網の中層箱網内に、ビデオカメラ、加速度ロガー、深度計を装着した海亀 5 頭を 1 頭ずつ入網させる実験を計 10 回行った。ビデオカメラからはばたき周波数を、加速度ロガーから活動量の指標である ODBA と水温を取得した。5 秒以内に連続して行われた突き上げを 1 セットとした。海亀は、実験開始から平均 5.1 分後 ($SD=3.3$) に最初の突き上げを開始した。突き上げセット内の平均 ODBA は時間経過に伴い大きくなったが、最初の突き上げから平均 12.3 分後 ($SD = 2.0$) には減少に転じた。5 m 以上の連続した浮上（連続浮上）のうち 35 %で、はばたき周波数が浮上に伴い増加した。はばたき周波数の増加を伴う連続浮上直後の突き上げ時の ODBA は、他の突き上げ時の ODBA に比べて大きかった。突き上げ回数、ODBA、はばたき周波数はいずれも水温の影響を受けていたことから、水温が低い季節や地域においては、TRD の仕様の変更を検討する必要があることを示した。

以上のように、本研究では、流れ下においても海亀が脱出可能であり、かつ海亀の脱出後に確実に閉鎖する適切な TRD の仕様を検討した。流れ下においても閉鎖する扉の中では、 $\Phi 6\text{mm}-0.2\text{m}$ の扉が最も海亀が脱出し易く適切であると考えられた。海亀に追従して、あるいは TRD の隙間から漁獲対象種が逸出する可能性が考えられたため、海亀脱出時以外の確実な扉の閉鎖が重要である。海亀の推進力は、水温による影響を受けるため、海亀脱出支援システムを導入する際には季節や環境条件についても十分に考慮する必要がある。TRD の普及にあたっては、特に揚網作業時において TRD の取り扱いに配慮が必要となる可能性が高いため、操業試験を継続的に行い、TRD の挙動、海亀の脱出、漁獲物の逸出についても評価した上で、漁業者への普及を進めたいと考える。